



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2007

---

## **Okuläre Pulsamplitude als biometrischer Messwert in der Glaukomdiagnostik**

Romppainen, T ; Kniestedt, C ; Bachmann, L M ; Stürmer, J

**Abstract:** Hintergrund: Die dynamische Konturtonometrie (DCT) ermöglicht direkte transkorneale Messungen des Augeninnendrucks und der okulären Pulsamplitude (OPA). Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, ob die OPA als biometrischer Messwert Aussagen über verschiedene Glaukomformen erlaubt. Patienten und Methoden: Es wurden 441 Augen von 222 Patienten in die Studie aufgenommen. Zur Druckmessung dienten die DCT und ein Applanationstonometer nach Goldmann. Ergebnisse: Die mittlere OPA betrug  $3,1 \pm 1,4$  mmHg. Augen mit okulärer Hypertension ( $3,6 \pm 1,3$  mmHg) zeigten signifikant höhere Werte als gesunde Augen ( $3,1 \pm 1,4$  mmHg) und solche mit Niederdruckglaukom ( $2,9 \pm 1,4$  mmHg). Nach erfolgreicher Trabekulektomie wurden signifikant tiefere Werte ( $2,4 \pm 1,3$  mmHg) als bei Gesunden gemessen. Schlussfolgerung: Die OPA scheint diverse Formen des Glaukoms zu charakterisieren, könnte aber auch direkt von der Höhe des Augendrucks abhängen. Es muss weiter abgeklärt werden, ob sie einen prädiktiven Faktor in der Diagnose und der Verlaufsbeurteilung des Glaukoms darstellt

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00347-006-1467-8>

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-156582>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Romppainen, T; Kniestedt, C; Bachmann, L M; Stürmer, J (2007). Okuläre Pulsamplitude als biometrischer Messwert in der Glaukomdiagnostik. *Der Ophthalmologe*, 104(3):230-235.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00347-006-1467-8>

# Okuläre Pulsamplitude als biometrischer Messwert in der Glaukomdiagnostik

Ein erhöhter intraokularer Druck (IOD) gilt nach wie vor als Hauptrisikofaktor bei der Entstehung einer glaukomatösen Optikusatrophie. Der Grenzwert zwischen normalem und erhöhtem IOD ist aufgrund epidemiologischer Studien statistisch bei 21 mmHg definiert worden (Durchschnitt  $\pm 2$  Standardabweichungen) [5]. Diese Definition entstand zu einer Zeit, als man der Überzeugung war, dass eine lineare Korrelation zwischen IOD und Optikusschaden besteht und dass man mit den damals gebräuchlichen Messverfahren in der Lage sei, den wahren IOD exakt zu bestimmen. Zur Messung des intraokularen Drucks bediente man sich verschiedener mechanischer Tonometrieverfahren. Die herkömmlichen Tonometer messen eine Kraft, die angewandt wird, um den zentralen Teil der Hornhaut zu applizieren oder indentieren. Sämtliche Tonometer, die eine Hornhautdeformation verursachen, sind in unterschiedlichem Maße von der biomechanischen Beschaffenheit der Hornhaut abhängig. Weltweit gilt immer noch das Applanationstonometer nach Goldmann (GAT) als Goldstandard in der nichtinvasiven Augendruckmessung, obwohl bereits Goldmann und Schmidt bei der Einführung ihres Instruments in den 50er Jahren erwähnten, dass es bei stark von der Norm abweichenden Eigenschaften der Hornhaut theoretisch zu Messfehlern kommen kann [2, 3, 4]. Diese Annahme wurde in mehreren Studien bestätigt und erweist sich v. a. im Zeitalter der refraktiven Chirurgie als Nachteil in der Glaukomdiagnostik [1, 16].

Außer beim dynamischen Pneumatonometer nach Langham misst man bei allen statischen Tonometern einen mittleren intraokulären Druck, der starker Untersuchersubjektivität unterliegt und der den rhythmischen Druckpuls im Auge vernachlässigt. Dieser Druckpuls wird in der Choroidea generiert [7] und ist sowohl ein Zeichen der choroidealen Durchblutung als auch der kardialen Funktion und des Zustands der hirn- und augenzuführenden Gefäße.

Mittels manometrischer Kadaveraugenstudien und durch klinische Beobachtungen konnte gezeigt werden, dass die kürzlich eingeführte dynamische Konturtonometrie (DCT, engl. Dynamic Contour Tonometry) durch biomechanische Eigenschaften der Hornhaut weniger beeinflusst wird als die herkömmlichen Messgeräte [9, 10, 13, 16, 18, 19]. Die DCT ist befähigt, den Druck dynamisch über mehrere Sekunden (100 Messungen pro s) aufzuzeichnen. Der diastolische Druck und die okuläre Pulsamplitude (OPA) als vitaler biometrischer Wert werden gemessen und angezeigt. Die Summe der beiden Werte ergibt den systolischen intraokulären Druck. Der größte Teil der bisher veröffentlichten Studien zur OPA oder zum okulären Blutfluss basiert auf Messungen mit dem Pneumatonometer nach Langham, der als Krafttonometer aus physikalischen Gründen durch die okuläre Rigidität beeinflusst wird. Mit dieser Studie soll untersucht werden, wie sich die OPA als neu zu messender biometrischer Parameter in gesunden Augen und in sol-

chen mit glaukomatöser Optikusatrophie verhält.

## Patienten und Methoden

Im Zeitraum von Januar 2004 bis Juli 2005 wurden 222 Patienten, 133 Frauen (59,9%) und 89 Männer (40,1%), untersucht. Das mittlere Alter betrug 60,8 Jahre ( $\pm 14,6$ , range 9–89 Jahre), im Durchschnitt bei Frauen 60 Jahre, bei Männern 62 Jahre. Insgesamt wurden 221 rechte und 220 linke Augen untersucht (n=441).

Die Patienten wurden in Diagnosegruppen eingeteilt, welche während der Studiendurchführung nicht geändert wurden. Es wurden 67 Augen als gesund eingestuft. Bei 43 Augen lag eine okuläre Hypertension (OHT, IOD >21 mmHg) ohne Gesichtsfelddefekte sowie ein physiologischer Sehnervenkopf und eine unauffällige retinale Nervenfaserschicht in der HRT-II-Untersuchung vor. Die weiteren Diagnosen der Patienten umfassten 70 Niederdruckglaukome (NDG), 202 Offenwinkelglaukome (OWG) sowie 39 Augen nach Trabekulektomie (TE) (■ **Tab. 1**). Die Glaukompatienten standen während der Studiendurchführung unter ihrer angestammten antiglaukomatösen Therapie. Alle Patienten gaben ihre Einwilligung zur Verwendung ihrer Daten für diese Studie, die unter Einhaltung der ethischen Richtlinien der Deklaration von Helsinki durchgeführt wurde. Sämtliche Messungen wurden von zwei Glaukomspezialisten (CK und JS) vorgenommen.

Ausgeschlossen wurden Patienten mit Keratopathien (Narben, Ödeme, Dystrophien), extremen Hornhautradien (Keratokonius), Phthisis bulbi sowie Zustand nach anderen intraokularen Operationen außer Trabekulektomie.

Im Vorfeld der Druckmessung erfolgten eine Visusprüfung mit Keratometrie (ARK-730A, Nidek Co., LTD, Erlangen, Deutschland), eine Gesichtsfeldprüfung (Octopus 101, Haag-Streit, Könitz, Schweiz), eine Achsenlängenbestimmung mit dem IOL-Master (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Deutschland) sowie eine Pachymetrie (Tomey Pachymeter SP-2000, Tomey GmbH, Erlangen, Deutschland). Eine Laser-Scanning-Ophthalmoskopie (HRT-II, Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Deutschland) wurde zur Objektivierung der Veränderungen am Sehnervkopf verwendet (Beurteilung von Papillenexkavation und -fläche, Randsaumfläche, Exkavationsfläche und -form, Cup to disc ratio). Vor den Druckmessungen wurde eine lokale Tropfenanästhesie (Novesin 0,4%, Novartis, Basel, Schweiz) verabreicht. Das Goldmann-Applanations-tonometer (GAT, Haag-Streit AG, Könitz, Schweiz) und das dynamische Konturtonometer PASCAL® (DCT, Swiss Microtechnology AG, Port, Schweiz) wurden jeweils auf einer Spaltlampe (BQ 900, Haag-Streit, Könitz, Schweiz) befestigt. Die DCT wurde stets vor der GAT durchgeführt, da aufgrund der Funktionsweise der DCT eine geringere intraokuläre Volumenverdrängung angenommen werden kann.

Über Aufbau, Funktionsweise und bisherige Ergebnisse bezüglich Genauigkeit der Messungen im Vergleich zur GAT und zum manometrisch gemessenen echten intraokularen Augendruck in Kadaveraugenversuchen und in klinischen Tests wurde vor kurzem berichtet [9, 10, 13, 19].

Die Auswertung der erhobenen Daten wurde mittels Microsoft Excel 2004 und MathWorks Matlab 7.1 durchgeführt. Da die OPA-Werte der verschiedenen Untergruppen nicht normal verteilt waren, wurden sie logarithmisiert und danach mittels Student-T-Test miteinander verglichen. Die Korrelationen der verschiedenen gemessenen Parameter wurden mittels T-Test und Pearson-Korrelation

**Tab. 1 Diagnosegruppen: Studienpopulation, Glaukomeinteilung**

	Männer		Frauen		Alle	
	N	[%]	n	[%]	n	[%]
Normal	34	39,1	53	60,9	87	19,7
OHT	10	23,3	33	76,7	43	9,8
NDG	26	37,1	44	62,9	70	15,9
OWG	91	45,0	111	55,0	202	45,8
TE	17	43,6	22	56,4	39	8,8
Total	178	40,4	263	59,6	441	100

OHT: okuläre Hypertension, NDG: Niederdruckglaukom, OWG: Offenwinkelglaukom, TE: Status nach Trabekulektomie

**Tab. 2 Geschlecht und biometrische Daten der Studiengruppe**

	Männer	Frauen
GAT [mmHg]	16,7±4,1	18,0±4,6
DCT [mmHg]	18,4±3,8	19,1±4,0
OPA [mmHg]	2,7±1,1	3,4±1,6
CCT [µm]	541±42	538±41
CD ratio	0,6±0,2	0,6±0,2
Axiale Länge	24,4±1,6	23,4±1,4
MD	5,4±13,2	2,7±6,1
LV	25,9±30,9	16,3±21,6

OHT: okuläre Hypertension; OWG: Offenwinkelglaukom; NDG: Normaldruckglaukom; TE: Zustand nach Trabekulektomie; OPA: Okuläre Pulsamplitude; GAT: Goldmann Applanations-Tonometrie; DCT: Dynamische Konturtonometrie; CCT: zentrale Hornhautdicke; CD ratio: cup to disc ratio; AL: axiale Länge; LV: loss variance; MD: mean defect

**Tab. 3 OPA, GAT, DCT, CCT, CD ratio, Hornhautradien, Achsenlänge, LV und MV bei den verschiedenen Subgruppen**

Subgruppen	Gesund n=87	OHT n=43	OWG n=202	NDG n=70	TE n=39
OPA [mmHg]	3,1±1,4	3,6±1,3	3,1±1,5	2,9±1,4	2,4±1,3
GAT [mmHg]	16,5±3,2	20,8±2,1	18,5±4,7	15,5±2,6	13,4±5,1
DCT [mmHg]	17,4±2,8	20,5±2,9	20,0±4,1	17,1±2,5	16,3±4,9
CCT [µm]	552±36	567±39	534±41	533±41	518±36
CD ratio	0,5±0,2	0,4±0,2	0,6±0,2	0,6±0,1	0,8±0,1
Hornhautradien [mm]					
R1	7,7±0,3	9,4±7,6	7,7±0,3	7,8±0,2	7,9±0,2
R2	7,6±0,3	9,3±7,6	7,6±0,3	7,8±0,3	7,6±0,2
AL [mm]	23,3±1,4	22,2±0,0	24,1±1,7	23,0±0,6	22,3±1,5
LV	15,1±18,5	9,0±9,3	23,2±29,6	17,5±23,6	37,2±32,2
MD	2,7±9,0	2,1±5,2	4,0±7,5	4,2±16,7	5,4±4,8

GAT: Goldmann Applanations-Tonometrie; DCT: dynamische Konturtonometrie; OPA: okuläre Pulsamplitude; CCT: zentrale Hornhautdicke; CD ratio: cup to disc ratio; MD: mean defect; LV: loss variance

berechnet. Bei der Multivarianzanalyse wurden Alter, Geschlecht, Augendruck (GAT und DCT), OPA, Hornhautdicke, Hornhautradien, Achsenlänge, mean defect, loss variance und die HRT-Parameter berücksichtigt. Ein p-Wert kleiner als 0,05 wurde als statistisch signifikant angenommen.

## Ergebnisse

Insgesamt wurden 441 Augen untersucht. Die mittlere OPA aller gemessenen Augen betrug 3,1±1,4 mmHg (bei Männern 2,7±1,1 mmHg, bei Frauen 3,4±1,6 mmHg). Die Differenz der okulären Pulsamplitude zwischen den Geschlechtern

**Tab. 4** Okuläre Pulsamplitude (Literaturübersicht)

Autor	Messmethode	Jahr	n	OPA [mm Hg]	Bemerkungen
Kaufmann et al. [12]	DCT	2006	223	3,0 Median, 10.–90. Interzentilen range 1,8–4,3	Gesunde Probanden
Kniestedt et al. [17]	DCT	2006	40	3,6±1,2	OHT
			178	3,1±1,4	OWG
			40	2,9±1,2	NDG
			41	3,5±1,7	Winkelblockglaukom
Ku et al. [20]	DCT	2005	116	2,8±1,2	Gesunde, okuläre Hypertension und Glaukomaugen gemischt
Hoffman et al. [8]	DCT SmartLens (Contact Lens Tonometry)	2004	19	3,08±0,92 3,92±0,83	Gesunde Probanden
Katsimpris, et al. [11]	SmartLens	2003	48	2,34±0,25	Netzhautablösung (OP mit skleralem buckling), präoperativ
				0,68±0,07	Postoperativ: ≥3 Quadranten
				1,44±0,26	2 Quadranten
				2,36±0,16	Radiales buckling
Schwenn et al. [28]	SmartLens	2002	80	4,3±1,9	OWG
				2,8±0,9	NDG
				5,3±1,9	OHT
				4,3±1,7	Kontrollgruppe
Morgan et al. [22]	OBFA-Pneumatonometer	2002	40	3,0±1,2	–
Kuba et al. [21]	Langham OBFS	2002	15		Asymmetrisches Glaukom
				2,17±0,92	Fortgeschritten
				2,41±1,26	Kontralateral
Vogel et al. [29]	Smartlens	2001	10	2,85±0,39	Gesunde Probanden
Gekkieva et al. [3]	Langham-OBFS	2001	155	2,3±0,7	Frauen (n=69)
				2,0±0,6	Männer (n=86)
Schmidt et al. [27]	Langham-OBFS	1998	31	4,6±0,6	OHT
				2,0±0,1	NDG
				3,1±0,3	Kontrollgruppe
Entenmann et al. [2]	Contact Lens Tonometry	1997	25	2,9±1,2	Rechts
				3,02±1,79	Links
Perkins [25]	Recording Applanation Tonometer (Modifiziertes Applanationsprisma n. Goldmann)	1981	?	2,84±1,16	Rechts
				2,83±1,18	Links
Nissen [24]	Appl. suction cup tonograph	1981	85	1,85	Normotension
				4,8	OHT (37 mmHg)
Langham	Langham-Pneumatonometer	1969	?	2,1±0,2	Männer
				2,2±0,2	Frauen

OPA: okuläre Pulsamplitude; DCT: dynamische Konturtonometrie; OBFS: ocular blood flow system; OBFA: ocular blood flow analyzer; OHT: okuläre Hypertension; OWG: Offenwinkelglaukom; NDG: Niederdruckglaukom; AION: anteriore ischämische Optikusneuropathie

(■ **Tab. 2**) war statistisch signifikant ( $p=0,0017$ , 95%-CI  $-0,3279$  bis  $-0,0771$ ).

Wir konnten eine schwache direkte Korrelation zwischen der OPA und dem IOP, sowohl mit DCT wie auch mit GAT gemessen, feststellen ( $R^2=0,015$ ,  $p=0,011$  und  $R^2=0,096$ ,  $p=0,001$ ). Unsere Angaben zur Achsenlänge waren unvollständig, zeigen aber ebenfalls eine Korrelation zur OPA ( $R^2=0,089$ ,  $p=0,001$ ).

Keine signifikante Korrelation konnte zwischen dem mit DCT gemessenen IOP und der CCT sowie zwischen OPA und CCT (jeweils  $R^2<0,001$ ) nachgewiesen werden.

Im Vergleich der Subgruppen zeigten Augen von Patienten mit okulärer Hypertonie ( $n=43$ ) die höchsten OPA-Werte mit  $3,6\pm1,3$  mmHg. Die Differenzen dieser Werte waren im Vergleich zu deren

der anderen Gruppen statistisch signifikant. OHT vs. gesunde Augen ( $n=87$ , OPA  $3,1\pm1,4$  mmHg):  $p=0,0173$  (95%-Konfidenzintervall (CI)  $-0,3435$  bis  $-0,0338$ ), OHT vs. OWG ( $n=202$ , OPA  $3,1\pm1,5$  mmHg):  $p=0,0082$  (95%-CI  $0,0531$ – $0,3547$ ), OHT vs. NDG ( $n=70$ , OPA  $2,9\pm1,4$  mmHg):  $p=0,0399$  (95%-CI  $0,0083$ – $0,3439$ ). Die Werte nach TE ( $n=39$ , OPA  $2,3\pm1,3$  mmHg) waren statistisch signifikant tiefer im

Vergleich zu denen der anderen Gruppen. TE vs. gesunde Augen:  $p=0,003$  (95%-CI 0,0926–0,4414), TE vs. OHT:  $p=0,0001$  (95%-CI 0,2663–0,6450), TE vs. OWG:  $p=0,0029$  (95%-CI 0,0871–0,4164), TE vs. NDG:  $p=0,0044$  (95%-CI 0,0894–0,4698). Keine statistisch signifikante Differenz wurde zwischen gesunden Augen, OWG und NDG gemessen (gesunde Augen vs. OWG:  $p=0,7973$ , gesunde Augen v. NDG:  $p=0,8639$ , OWG vs. NDG:  $p=0,6747$ ) (■ **Tab. 3**).

Bei 66 Augen mit Offenwinkelglaukom und einer gemessenen CD-Ratio  $>0,7$  haben wir eine Assoziation zwischen Abnahme der OPA und Zunahme der Papillenexkavation festgestellt ( $p=0,005$ ; 95%-CI –0,020 bis –0,004).

Die gemessenen Pulsamplitudenwerte wurden zusätzlich auch als prozentuale Anteile des Augeninnendrucks miteinander verglichen. Signifikante Differenzen lagen vor beim Vergleich gesunde Augen vs. TE ( $p=0,0434$ , 95%-CI 0,051–0,3291), OHT vs. TE ( $p=0,0248$ , 95%-CI 0,0248–0,3569), OHT vs. OWG ( $p=0,0209$ , 95%-CI 0,0271–0,3273) und NDG vs. TE ( $p=0,023$ , 95%-CI 0,0296–0,3916). Keine statistische Signifikanz bestand auch im zweiten Vergleich gesunde Augen vs. NDG ( $p=0,5449$ ).

Ein neu signifikantes Ergebnis bei Nichtsignifikanz im Vergleich der absoluten Werte wurde bei den Vergleichen gesunde Augen vs. OWG ( $p=0,0098$ , 95%-CI 0,0373–0,2696) und NDG vs. OWG ( $p=0,0034$ , 95%CI –0,3283 bis –0,0657) berechnet. Umgekehrt ergab der 2. Vergleich neu keine signifikante Differenz der OPA-Werte bei gesunde vs. OHT ( $p=0,747$ ), OHT vs. NDG ( $p=0,8092$ ) und bei OWG vs. TE ( $p=0,8691$ ).

## Diskussion

In unserer Studie mit 441 Augen betrug die mittlere okuläre Pulsamplitude 3,1 mmHg, wobei Werte zwischen 0,7 und 10,2 mmHg gemessen wurden. Die höchsten Werte erhielten wir bei Augen mit OHT mit  $3,6\pm 1,3$  mmHg. Eine tiefere OPA im Vergleich zu gesunden Augen wurden beim Niederdruckglaukom ( $2,9\pm 1,4$  mmHg) sowie bei Zustand nach Trabekulektomie ( $2,4\pm 1,3$  mmHg) gemessen. Die Differenzen der OPA bei OHT waren statis-

Ophthalmologe 2007 · 104:230–235 DOI 10.1007/s00347-006-1467-8  
© Springer Medizin Verlag 2007

## T. Romppainen · C. Kniestedt · L.M. Bachmann · J. Stürmer Okuläre Pulsamplitude als biometrischer Messwert in der Glaukomdiagnostik

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Die dynamische Konturtonometrie (DCT) ermöglicht direkte transkorneale Messungen des Augeninnendrucks und der okulären Pulsamplitude (OPA). Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, ob die OPA als biometrischer Messwert Aussagen über verschiedene Glaukomformen erlaubt.

**Patienten und Methoden.** Es wurden 441 Augen von 222 Patienten in die Studie aufgenommen. Zur Druckmessung dienten die DCT und ein Applanationstonometer nach Goldmann.

**Ergebnisse.** Die mittlere OPA betrug  $3,1\pm 1,4$  mmHg. Augen mit okulärer Hypertension ( $3,6\pm 1,3$  mmHg) zeigten signifikant höhere Werte als gesunde Augen ( $3,1\pm 1,4$  mmHg) und solche mit Niederdruck-

glaukom ( $2,9\pm 1,4$  mmHg). Nach erfolgreicher Trabekulektomie wurden signifikant tiefere Werte ( $2,4\pm 1,3$  mmHg) als bei Gesunden gemessen.

**Schlussfolgerung.** Die OPA scheint diverse Formen des Glaukoms zu charakterisieren, könnte aber auch direkt von der Höhe des Augendrucks abhängen. Es muss weiter abgeklärt werden, ob sie einen prädiktiven Faktor in der Diagnose und der Verlaufsbeurteilung des Glaukoms darstellt.

### Schlüsselwörter

Dynamische Konturtonometrie · Goldmann-Applanationstonometrie · Okuläre Pulsamplitude · Intraokulärer Druck · Biomechanische Hornhauteigenschaften

## Ocular pulse amplitude: A new biometrical parameter for the diagnosis of glaucoma?

### Abstract

**Background.** Dynamic contour tonometry (DCT) enables accurate transcorneal measurements of the intraocular pressure and ocular pulse amplitude (OPA). In this study, we investigated whether this new biometrical parameter can characterize different glaucoma types and serve as a helpful tool in the diagnosis and therapy of the disease.

**Patients and methods.** A total of 441 eyes of 222 patients were included. Pressure measurements were performed with contour and applanation tonometry.

**Results.** Mean OPA was  $3.1\pm 1.4$  mmHg. Eyes with ocular hypertension showed significantly higher OPA values ( $3.6\pm 1.3$  mmHg) than

healthy eyes ( $3.1\pm 1.4$  mmHg) and eyes with low-tension glaucoma ( $2.9\pm 1.4$  mmHg). After trabeculectomy, the values were significantly lower ( $2.4\pm 1.3$  mmHg) than in healthy eyes.

**Conclusion.** The size of the OPA seems to be characteristic for different types of glaucoma and directly dependent on intraocular pressure levels. Further investigation is indicated to clarify its diagnostic usefulness.

### Keywords

Dynamic contour tonometry · Goldmann applanation tonometry · Ocular pulse amplitude · Intraocular pressure · Biomechanical corneal properties



tisch signifikant höher als bei allen anderen Gruppen, bei Zustand nach Trabekulektomie statistisch signifikant tiefer als in den anderen Gruppen.

Wir haben bei Hochdruckglaukomen und bei okulärer Hypertension sowohl erhöhte IOP- und OPA-Werte und im Gegensatz dazu bei Niederdruckglaukomen und nach Trabekulektomie erniedrigte Werte gemessen. Das lässt auf den ersten Blick auf einen direkten Zusammenhang zwischen OPA und IOP schließen, und in unseren Messungen war diese Korrelation signifikant. Der zusätzliche Vergleich der prozentualen OPA-Anteile vom IOP ergab persistierende Signifikanz bei den Vergleichen gesunde Augen vs. TE, OHT vs. TE, OHT vs. OWG und NDG vs. TE. Das könnte bedeuten, dass in diesen Fällen die OPA durch weitere Faktoren als den IOP beeinflusst wird.

Nicht beurteilen lässt sich das in den Fällen, in denen der Signifikanztest beim Vergleich von absoluten und prozentualen Zahlen entgegengesetzte Ergebnisse lieferte.

Der Einzelfall muss differenzierter betrachtet werden, da die OPA von weiteren Parametern wie Glaukomstadium, axialer Länge, Patientenalter, dem Zustand der hirnzuführenden Blutgefäße, kardialer Funktion und einer topischen oder systemischen medikamentösen Therapie (z. B. Betablocker) abhängt.

Ein Schwachpunkt dieser Studie ist die Tatsache, dass wir auch Patienten mit einer antiglaukomatösen Therapie miteingeschlossen haben.

Unsere Angaben zur Achsenlänge waren unvollständig, zeigen aber ebenfalls eine Korrelation mit der OPA, ebenso wie die Daten in der vor kurzem vorgestellten Studie von Kaufmann et al. [12].

Da es bis jetzt erst sehr wenige Daten zur konturtonometrischen OPA gibt, ist ein Vergleich zu anderen Studien nicht aussagekräftig. Für die meisten bisherigen Berechnungen wurden Daten verwendet, welche mit auf Applanation basierenden Geräten wie dem Pneumatonometer nach Langham gemessen wurden (■ Tab. 4).

Perkins hat bereits 1981 erkannt, dass sich die okuläre Pulsamplitude bei verschiedenen Krankheiten am Auge unterscheidet. Er beobachtete erhöhte OPA-Werte bei Augen mit Hyperopie, oku-

lärer Hypertonie sowie beim primären Offenwinkelglaukom. Im Gegensatz dazu hat er bei Myopikern und bei Augen mit Normaldruckglaukom (NTG, Normal Tension Glaucoma) auffallend tiefe OPA-Werte gemessen. Außerdem stellte er fest, dass die Seitendifferenz normalerweise weniger als 0,5 mmHg beträgt [25]. Bei am Glaukom erkrankten Augen wurde neben einer erniedrigten OPA auch ein verminderter pulsatiler okulärer Blutfluss (POBF) beobachtet [21]. Diese Beobachtungen deuten auf eine wichtige Rolle der Durchblutung bei der Entstehung des Glaukoms hin.

Anhand der DCT können in Zukunft die Zusammenhänge zwischen okulärem Blutfluss und Progredienz einer Glaukomerkrankung optimaler untersucht werden.

Die im Rahmen einer okulären Hypertension regelmäßig beobachtete erhöhte OPA wird von einigen Autoren als Schutzbeziehungsweise Adaptationsmechanismus des vaskulären Systems der Augen betrachtet, um hypoperfusionsbedingte Schäden an den Axonen des N. opticus zu vermindern [27]. Kürzlich veröffentlichten von Schulthess et al. eine Studie, worin eine frühe Reduktion der OPA nach Trabekulektomie um mindestens 2 mmHg als vorteilhaft beschrieben wird. Dies könnte einen günstigen Verlaufsparemeter für das Langzeitergebnis nach TE darstellen [30]. Die Studie hat jedoch bezüglich Größe und Nachbeobachtungszeit ihre Grenzen. Ob eine erniedrigte OPA auf eine adäquate Filtration schließen lässt, muss in weiteren Studien untersucht werden. Auch bei anderen okulären Pathologien könnte die OPA als Messparameter eingesetzt werden. Bei stenosierenden Erkrankungen extraokulärer Gefäße kommt es zu einer größeren Seitendifferenz zwischen den Druckwerten beider Augen eines Individuums. In einigen Fällen konnten Pathologien wie Stenosen der A. carotis [26], okklusive Krankheiten der extrakraniellen Gefäße [14] sowie durale Fisteln im Bereich des Sinus cavernosus [15] entdeckt werden. Nach der Behandlung waren die OPA-Seitenunterschiede jeweils deutlich regredient. In einer weiteren Studie wurde gezeigt, dass die OPA bei exsudativer und trockener altersbedingter Makuladegeneration (AMD) ver-

schieden ist [23]. Ein verminderter choroideal Blutfluss könnte somit bei der Entstehung von Neovaskularisationen bei der AMD eine Rolle spielen.

Die aktuellen und zitierten Studien zeigen, dass die dynamische Konturtonometrie dank der OPA-Messung einen neuen interessanten biometrischen Parameter liefert, der multifaktorieller Beeinflussung unterliegt. Die getrennte und kombinierte Analyse dieser Faktoren bedarf weiterer Forschung nicht nur vom Glaukom spezialisten sondern auch von interdisziplinären Studiengruppen.

## Fazit für die Praxis

**Die okuläre Pulsamplitude scheint als neuer Parameter diverse Formen des Glaukoms charakterisieren zu können, so z. B. das Niederdruckglaukom oder die okuläre Hypertension. Eine direkte Abhängigkeit von der Höhe des Augen-drucks ist aber nicht ausgeschlossen. Da die Integrität der Sklera bei Augen nach Trabekulektomie verändert ist, scheinen diese Augen eine verminderte OPA vorzuweisen. Ob die tiefe OPA bei Augen nach TE ein Zeichen der guten Filtration ist, muss weiter untersucht werden. Die OPA könnte ein prädiktiver Faktor in der Diagnose und der Verlaufsbeurteilung des Glaukoms werden.**

## Korrespondierender Autor

**T. Romppainen**



Augenklinik, Universitäts-  
spital Zürich  
Frauenklinikstraße 24,  
8091 Zürich  
timosamuel.romppainen@  
usz.ch

**Interessenkonflikt.** Es besteht kein Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen. Die Präsentation des Themas ist unabhängig und die Darstellung der Inhalte produktneutral.

## Literatur

1. Brandt JD, Beiser JA, Kass MA et al. (2001) Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology* 108:1779–1788

## Epidemiologie

Lange Zeit war die Ansicht verbreitet, dass man in Deutschland keine Epidemiologie betreiben könne, da aus Datenschutzgründen der Forschung elementare Daten vorenthalten würden und Krebsregister Stiefkinder der medizinischen Wissenschaften darstellten. Inzwischen werden dagegen zunehmend epidemiologische Fragestellungen in großen internationalen Kooperationen angegangen, wobei in steigender Zahl deutsche Studien mit von der Partie sind. Das Themenheft der Fachzeitschrift „Der Onkologe“ Ausgabe 11/2006 bietet einen Einblick in die Arbeitsweise der modernen Epidemiologie und vermittelt einen Überblick über die in Deutschland durchgeführten epidemiologischen Projekte.

Aus dem Inhalt:

- Krebsregistrierung in Deutschland
- Rauchen, Passivrauchen und Krebserkrankungen
- Ernährungsepidemiologie in Deutschland
- Epidemiologische Studien zu Strahlenexposition und Gesundheit
- Genetische Epidemiologie am Beispiel Brustkrebs
- Beiträge der Epidemiologie zur Krebsfrüherkennung

Bestellen Sie diese Ausgabe zum Preis von EUR 29,- unter  
 Springer Distribution Center  
 Kundenservice Zeitschriften  
 Haberstraße 7  
 69126 Heidelberg  
 Tel.: +49 (0) 6221/345-4303  
 Fax: +49 (0) 6221/345-4229  
 subscriptions@springer.com

[www.DerOnkologe.de](http://www.DerOnkologe.de)

2. Entenmann B et al. (1997) Contact lens tonometry-application in humans. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 38: 2447-2451
3. Gekkieva M et al. (2001) The influence of sex difference in measurements with the Langham Ocular Blood Flow System. *Jpn J Ophthalmol* 45: 528-32
4. Goldmann H (1955) Un nouveau tonometre d'applanation. *Bull Soc Ophthalmol Fr* 67: 474-478
5. Goldmann H, Schmidt T (1957) Ueber Applanations-tonometrie. *Ophthalmologica* 134: 221-242
6. Goldmann H, Schmidt T (1961) Weiterer Beitrag zur Applanations-tonometrie. *Ophthalmologica* 141: 441-456
7. Harris A, Jonescu-Cuyers C, Kagemann L, Ciulla T, Krieglstein G (2003) *Atlas Of Ocular Blood Flow - Vascular Anatomy, Pathophysiology, and Metabolism*. Butterworth Heinemann, Philadelphia, Pennsylvania
8. Hoffmann EM, Grus FH, Pfeiffer N (2004) Intraocular pressure and ocular pulse amplitude using dynamic contour tonometry and contact lens tonometry. *BMC Ophthalmol* 4
9. Kanngiesser H, Kniestedt C (2005) Tonometry - a paradigm shift. From indentation and applanation to contour adaptation. *Ophthalmologie* 102:849-855
10. Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YCA (2005) Dynamic contour tonometry - Presentation of a new tonometer. *J Glaucoma* 14: 344-350
11. Katsimpris JM, Petropoulos IK, Pourmaras CJ (2003) Ocular pulse amplitude measurement after retinal detachment surgery. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 220: 127-130
12. Kaufmann C, Bachmann LM, Robert YC et al. (2006) Ocular pulse amplitude in healthy subjects as measured by dynamic contour tonometry. *Arch Ophthalmol* 124: 1104-1108
13. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA (2004) Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 45: 3118-3121
14. Kaufmann C, Fierz A, Kollias SS et al. (2002) Ocular pulse amplitude in a case of innominate steal syndrome. *Am J Ophthalmol* 133: 155-156
15. Kaufmann C, Thiel MA, Valavanis A et al. (2004) Normalisation of ocular pulse amplitude after embolisation of dural cavernous sinus arteriovenous fistula. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 221: 431-434
16. Kniestedt C, Lin S, Choe J et al. (2005) Clinical comparison of contour and applanation tonometry and their relationship to pachymetry. *Arch Ophthalmol* 123: 1532-1537
17. Kniestedt C et al. (2006) Correlation between intraocular pressure, central corneal thickness, stage of glaucoma, and demographic patient data: prospective analysis of biophysical parameters in tertiary glaucoma practice populations. *J Glaucoma* 15: 91-97
18. Kniestedt C, Nee M, Stamper RL (2005) Accuracy of dynamic contour tonometry compared with applanation tonometry in human cadaver eyes of different hydration states. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 243: 359-366
19. Kniestedt C, Nee M, Stamper RL (2004) Dynamic contour tonometry - A comparative study on human cadaver eyes. *Arch Ophthalmol* 122: 1287-1293
20. Ku JY et al. (2006) Comparison of intraocular pressure measured by Pascal dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. *Eye* 20: 191-198
21. Kuba GB, Austermann P, Kroll P (2002) Ocular blood flow in patients with asymmetric glaucoma. *Ophthalmologie* 99: 835-838
22. Morgan AJ et al. (2002) The effect of corneal thickness and corneal curvature on pneumatonometer measurements. *Current Eye Research* 25: 107-112
23. Mori F, Konno S, Hikichi T et al. (2001) Pulsatile ocular blood flow study: decreases in exudative age related macular degeneration. *Br J Ophthalmol* 85: 531-533
24. Nissen OI (1981) The effect of intraocular pressure and glaucomatous damage on intraocular pressure pulse amplitudes. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 59: 225-230
25. Perkins ES (1981) The Ocular Pulse. *Curr Eye Res* 1: 19-23
26. Perkins ES (1985) The Ocular Pulse and Intraocular Pressure as a Screening-Test for Carotid-Artery Stenosis. *Br J Ophthalmol* 69: 676-680
27. Schmidt KG, von Ruckmann A, Mittag TW (1998) Ocular pulse amplitude in ocular hypertension and open-angle glaucoma. *Ophthalmologica* 212: 5-10
28. Schwenn O et al. (2002) Ocular pulse amplitude in patients with open angle glaucoma, normal tension glaucoma, and ocular hypertension. *Br J Ophthalmol* 86: 981-984
29. Vogel A et al. (2001) [Reproducibility of measurement of ocular pulse amplitude and intraocular pressure using Smartlens]. *Ophthalmologie* 98: 944-949
30. von Schulthess SR, Kaufmann C, Bachmann LM et al. (2006) Ocular pulse amplitude after trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 244: 46-51